

ADUBOS ORGÂNICO E MINERAL FOSFATADO DE SOLUBILIDADE GRADUAL AFETANDO ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM BERINJELA

Marinice Oliveira Cardoso¹; Ademar Pereira de Oliveira²

¹Embrapa Amazônia Ocidental, C. Postal 319, CEP 69010-970, Manaus-AM; ²Departamento de Fitotecnia - Universidade Federal da Paraíba, Campus II, CCA-UFPB, CEP 58397-000, Areia-PB; email: marinice.cardoso@cpa.embrapa.br; ademar@cca.ufpb.br.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de doses crescentes de esterco bovino (EB) e de termofosfato magnésiano (TM) sobre os atributos químicos de um solo, submetido ao preparo e adubação complementar aplicadas ao cultivo da berinjela, e as correlações canônicas entre as características agronômicas da planta com as características químicas do solo. As doses dos adubos (EB, t ha⁻¹; TM, kg ha⁻¹, respectivamente) foram combinadas conforme a matriz “composto central de Box” (8,3-518; 8,3-3018; 48,3-518; 48,3-3018; 0,0-1768; 56,6-1768; 28,3-0,0; 28,3-3536; 28,3-1768). Foi acrescentado sulfato de potássio (SK, 24 g planta⁻¹) e realizadas, em cobertura, aplicações de uma solução de urina de vaca. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições. A parcela tinha quatro linhas de quatro plantas de berinjela espaçadas de 1,0 m x 0,80 m. As doses de EB e TM proporcionaram incrementos do P (quadráticos, valor máximo ou VM = 158,0 mg dm⁻³ com 55,4 t ha⁻¹ e 2700 kg ha⁻¹), do Ca e Mg (lineares, VM = 77,54 mmol dm⁻³ e 33,44 mmol dm⁻³, respectivamente, com as maiores doses), e do pH (EB-quadrático e TM-linear, VM = 7,13 com 56,4 t ha⁻¹ e 3536 kg ha⁻¹). O K aumentou somente com o EB (linear, VM = 388,72 mg

dm⁻³) e a matéria orgânica não variou, atingindo média geral de 37,26 g dm⁻³ (teor alto). Pelas correlações canônicas, maiores peso médio de fruto e de comprimento de fruto se relacionaram com níveis elevados de K e Mg no solo associados com nível baixo de Ca. E, maior número de frutos por planta se relacionou com valores altos de pH e do nível de Ca, junto com nível baixo de Mg no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Solanum melongena, fosfato natural, matéria orgânica do solo, fertilização não-convencional.

ABSTRACT

Organic and slowly soluble phosphatic mineral fertilizers affecting soil chemical attributes and eggplant agronomic characteristics

The objective of this research was to study effect of increasing doses of bovine manure and magnesium thermophosphate on chemical attributes of a soil, with arrangements and supplementary fertilization to eggplant growing, and canonical correlations among plant agronomic characteristics and soil chemical attributes. The fertilizers doses (BM, t ha⁻¹ and MT, kg ha⁻¹, respectively) were combined according to a “Box central composite” matrix (8.3-518; 8.3-3018; 48.3-518; 48.3-3018; 0.0-

1768; 56.6-1768; 28.3-0.0; 28.3-3536; 28.3-1768, respectively). Potassium sulphate (SK, 24 g plant⁻¹) and cow urine solution in side dressing was added. The experimental design was a randomized block with three replications. The parcel was four line of four plants spacing 1,0 m x 0,80 m. The doses of BM and MT provoked increases of P (quadratics, maximum value or MV = 158,0 mg dm⁻³ with 55,4 t ha⁻¹ and 2700 kg ha⁻¹), of Ca and Mg (linears, MV = 77,54 mmol dm⁻³ e 33,44 mmol dm⁻³, respectively, with higher doses), and of pH (BM-quadrático and TM-linear, MV = 7,13 with 56,4 t

ha⁻¹ and 3536 kg ha⁻¹). The K increase only with BM (linear, MV = 388,72 mg dm⁻³) and organic matter did not changed, with general average equal 37,26 g dm⁻³ (high content). By canonical correlations, highest fruit weight and highest fruit length were associated with high K and Mg soil contents joined with low Ca in the soil. And highest fruit number per plant was associated with high pH and Ca content combined with low Mg content in the soil.

KEY-WORDS: Solanum melongena, natural phosphate, organic matter, unconventional fertilization.

INTRODUÇÃO

As técnicas de produção convencional de hortaliças, aparentemente, são satisfatórias. Entretanto, mundialmente, existem reclamos por uso no solo de fertilizantes menos solúveis que os adubos químicos sintéticos de alta solubilidade, que resultem em alimentos mais saudáveis e em menor poluição ambiental (Bonilla, 1992; Dinnes et al., 2002). É notório que o nitrogênio e o fósforo constituem os dois primeiros nutrientes das plantas, portanto, torna-se imperioso estudar as fontes de solubilidade gradual contendo esses nutrientes, como o esterco bovino e o termofosfato magnesiano.

A adubação orgânica garante o condicionamento do solo e oferta nutrientes, especialmente nitrogênio (Kiehl, 1985). O nitrogênio e o fósforo dos adubos orgânicos são de disponibilização mais lenta que os adubos minerais, porém de efeito mais prolongado (Kiehl, 1985). De outro lado, os termofosfatos magnesianos, rochas moídas tratadas termicamente, podem apresentar eficiência comparável à dos fosfatos solúveis (Souza & Yasuda, 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de esterco bovino e de termofosfato magnesiano sobre as características químicas de um solo que recebeu preparo e adubação complementar para o cultivo de berinjela, e estudar as correlações canônicas entre as características agronômicas da planta com as características químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), em Areia-PB. O clima local é o As', de Köppen. O solo da área, Neossolo Regolítico psamítico típico (Embrapa, 1999), classe textural Areia Franca, possuía, inicialmente, os seguintes atributos químicos: pH em água (1:2,5) = 5,7; matéria orgânica (g dm⁻³) = 19,3; H⁺ + Al⁺³; Al⁺³; Na; Ca⁺²; Mg⁺² (mmolc dm⁻³) = 62; zero; 1,1; 27; 10; além de P e K (mg dm⁻³) = 3,7 e 48,3; respectivamente.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. A parcela experimental tinha quatro linhas de quatro plantas de berinjela espaçadas de 1,0 m x 0,80 m.

Os tratamentos consistiram de cinco doses de esterco bovino e cinco doses de termofosfato magnésiano, perfazendo nove combinações ($t\ ha^{-1}$ e $kg\ ha^{-1}$, respectivamente: 8,3-518; 8,3-3018; 48,3-518; 48,3-3018; 0,0-1768; 56,6-1768; 28,3-0,0; 28,3-3536; 28,3-1768) geradas através da matriz "composto central de Box" (número de tratamentos = $2^k + 2k + 1$; $k = n^{\circ}$ de fatores), onde o ponto médio do intervalo é a combinação 9 (28,3-1768). Foram aplicadas $24\ g\ planta^{-1}$ de sulfato de K (50% de K O). O esterco bovino, o termofosfato magnésiano e o sulfato de K foram incorporados em toda sua extensão e profundidade leirões (0,25 m de altura), uma semana antes do transplântio das mudas. Realizaram-se aplicações (aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após o transplântio) de 500 ml por planta de uma solução de urina de vaca e água (10 litros / 100 litros de H₂O), pelo fato desse insumo ser fonte complementar de N, K e B (FAO, 1999; Gadelha, 2001³). Foram realizadas irrigações pelo sistema de aspersão convencional somente até 50 dias após a adubação, quando a precipitação pluvial foi insuficiente. O turno de rega foi de três dias e a lâmina de água, por irrigação, correspondeu a 10 mm (Ribeiro et al., 1998).

O esterco bovino continha os macronutrientes ($g\ kg^{-1}$) N = 10,3; P = 3,6; K = 22,3; S = 6,7; Ca = 2,5; Mg = 10,8 e os micronutrientes ($mg\ kg^{-1}$) B = 38,5; Cu = 15,0; Fe = 8964,0; Mn = 278,5; Zn = 64,3; além de Na ($mg\ kg^{-1}$) = 7553,3. Já a urina de vaca utilizada, possuía teores de N, P, K, Ca, Mg e S iguais, respectivamente, a 3,0; 0,0016; 61,33; 0,02; 0,28 e 0,49 $g\ litro^{-1}$; e teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn iguais a 38,8; 0,07; 0,95; 0,12 e 0,17 $mg\ litro^{-1}$, respectivamente; e de Na ($mg\ litro^{-1}$) = 1031,3. O termofosfato magnésiano (Yoorin Máster), continha: P O total = 17,5 %; P O solúvel em ácido cítrico a 2,0 % = 16,0 %; Ca = 20,0 %; Mg = 7,0 %; B = 20,5 %; Cu = 0,05 %; Mo = 0,006 %; Mn = 0,12 % e Zn = 0,55 %.

Aos 107 dias, após a aplicação dos adubos, foram coletadas amostras de solo das fileiras internas das parcelas (entre as duas plantas centrais), na profundidade de 0-20 cm, para caracterização química na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / UNESP – Campus de Jaboticabal, SP, de acordo com os procedimentos descritos em Ferreira et al. (1990), utilizando-se os extratores resina de troca aniônica (P) e a resina de troca catiônica (K, Ca e Mg). No decorrer do ensaio, foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta e diâmetro do caule, aos 60 dias após o plantio; contagem e pesagem de frutos, além de comprimento e diâmetro de fruto, em cada colheita.

Nas análises estatísticas, utilizou-se o software SAEG 5.0. Foram ajustados modelos de equações de regressão simples quando a significância foi somente de um fator (isolado), e de superfície de resposta para a significância dos dois fatores, e os níveis de significância, dentro do modelo, foram escolhidos até 10%, bem como o modelo foi com base no maior coeficiente de determinação (Alvarez V., 1991). Por derivação das respectivas equações de regressão, obtiveram-se as doses responsáveis pelo valor máximo de cada característica. Aplicou-se a técnica de correlações canônicas entre características agrônômicas da berinjela com características químicas do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos químicos do solo, exceto a matéria orgânica, variaram em função dos tratamentos (Tabela 1). Houve aumento dos teores de P, Ca e Mg do solo e do pH em função das doses de esterco bovino (esterco) e de termofosfato magnésiano (termofosfato), enquanto o K foi afetado positivamente somente pelo esterco.

O pH do solo foi incrementado linear e quadraticamente pelas doses do termofosfato e esterco, respectivamente, e o seu valor máximo (VM) foi 7,13, com 3536 kg ha⁻¹ e 56,4 t ha⁻¹, respectivamente. O declínio do pH com as doses do esterco ocorreu a partir de 56,4 t ha⁻¹, praticamente, no limite superior das doses testadas. Tal declínio deve estar relacionado com a existência de uma dependência biológica do pH do solo, pois tanto as reações de solos fortemente ácidos como de solos fortemente alcalinos podem ser corrigidas com aplicações de matéria orgânica (Kiehl, 1985).

Os teores de Ca e Mg foram incrementados linearmente pelos dois fatores, portanto os VMs (77,54 mmol dm⁻³ e 33,44 mmol dm⁻³, respectivamente) se deram pela combinação das maiores doses de ambos. Kiehl (1985) afirma que os colóides orgânicos adsorvem o Ca e o Mg evitando perdas, e que a capacidade do húmus de adsorver esses nutrientes é 30 vezes maior do que a capacidade de troca catiônica da caulinita, atribuindo importância à matéria orgânica como fonte de Ca e Mg. O efeito do termofosfato era esperado, por ele possuir 20% de Ca e 7% de Mg.

Também foi linear o aumento dos teores de K pelo o esterco, com VM (388,72 mg dm⁻³) se relacionando com a dose mais elevada (56,6 t ha⁻¹). Pois, os esterco são ricos em K (Bonilla, 1992), e esse VM (alto) confirma isso. Considerando-se economia de esterco e o teor médio inicial de K no solo (48,3 mg dm⁻³), utilizando-se somente metade da maior dose (28,3 t ha⁻¹), o teor se elevaria a 238,6 mg dm⁻³, bastante alto.

O P aumentou quadraticamente em função das doses de esterco e termofosfato, atingindo VM (158,0 mg dm⁻³) pela combinação de 55,4 t ha⁻¹ e 2700 kg ha⁻¹, respectivamente. Esse VM, mesmo para as hortaliças, consideradas exigentes por P, é muito alto (Tomé Jr., 1997). Portanto, como era baixo o teor inicial desse nutriente no solo, esse resultado confirma o esterco e o termofosfato como razoáveis fontes de P. E, que termofosfato, na forma finamente moída, dissolve-se rapidamente no solo (Souza & Yasuda, 2003).

O teor de matéria orgânica do solo não respondeu às doses dos insumos, com média geral de 37,26 g dm⁻³, considerado alto, conforme Tomé Jr. (1997). A análise prévia do solo já demonstrava teor de médio para alto (19,3 g dm⁻³) de matéria orgânica. Pelo fato do solo ter permanecido livre de cultivo por mais de uma década, depreende-se que ocorreu estabilização da matéria orgânica, além de que a área era de baixada e a temperatura local em torno de 23,1 °C, portanto, condições que podem favorecer manutenção da matéria orgânica do solo (Tomé Jr., 1997; Santos & Camargo, 1999). A matéria orgânica estabilizada pertence ao compartimento que oferece dificuldade de ataque pelos microorganismos (Santos & Camargo, 1999). Portanto, a adição de matéria orgânica de boa qualidade como o esterco, deve ter influenciado sobremaneira a atividade microbiana, especialmente nas maiores doses, compensando, de certa forma, o balanço das quantidades de matéria orgânica remanescentes.

As correlações canônicas entre o grupo de características agronômicas da planta com o grupo de características químicas do solo foram elevadas e significativas para dois pares canônicos (Tabela 2). O primeiro par canônico indica maior peso médio de fruto (PMF; 0,7273) e maior comprimento de fruto (CF; 0,6292) com maior teor de K (1,1616) e Mg (1,1003) no solo, e com menor teor de Ca (-1,3047) no solo. A altura de planta (AP), contrariamente, será menor (-0,8011) nessa condição do solo. Os coeficientes do PMF e do CF, de sinal contrário ao da AP, sugerem que as duas primeiras características diminuirão com o aumento da AP. Pois, aumentando a AP poderá aumentar o número de frutos por planta (NFP), e,

conseqüentemente, haverá redução do PMF (Amaral Junior et al., 1997). O maior coeficiente positivo para o K (1,1616), denota maior importância desse nutriente, entre todos, para o PMF. Já no segundo par canônico, os coeficientes sugerem que o NFP (1,4470) aumentará com maiores pH (1,2221) e teor de Ca (0,8650) do solo e com menor teor de Mg (-1,2700) no solo. O Ca é indispensável para germinação do grão de pólen e para crescimento do tubo polínico, podendo um excesso de Mg diminuir sua absorção (Malavolta, 1980), em prejuízo do vingamento de frutos e, conseqüentemente, do NFP. Inicialmente, o Mg do solo era alto, além de ser fornecido pelo termofosfato e esterco. Convém observar, o mesmo sinal (positivo) para os coeficientes do NFP e AP, e negativo para o PMF, indicando, conforme Amaral Junior et al. (1997), correlação positiva entre AP e NFP.

Finalmente, considerando os aumentos do pH, do P, do Ca e do Mg do solo, com as doses de esterco e termofosfato, juntamente com a significância das correlações para dois pares canônicos, particularmente quanto ao incremento do P do solo, ele não se refletiu sobre as características agrônômicas. Enquanto as variações do Ca e Mg do solo, bem como do pH, interferiram nessas características. Ressalta-se, o efeito crescente das doses de esterco sobre o nível de K no solo, bem como maior PMF com maior nível desse nutriente no solo. Considerando que a produção por planta e, por conseqüência, a produtividade, decorrem dos valores do NFP e do PMF, e essas duas últimas características não foram afetadas pelos níveis de P do solo, logo esses resultados apontam para uma menor importância desse nutriente, comparado aos demais acima mencionados, sobre a produção e a produtividade da berinjela.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V, VH. 1991. Avaliação da fertilidade do solo: superfície de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator – resposta. Viçosa: UFV. 75p.
- AMARAL JUNIOR, AT; CASALI, VWD; CRUZ, CD.; FINGER, F.L. 1997. Correlações simples e canônicas entre caracteres morfológicos, agrônômicos e de qualidade em frutos de tomateiro. Horticultura Brasileira, 15:49-52.
- BONILLA, JA. 1992. Fundamentos da agricultura ecológica: sobrevivência e qualidade de vida. São Paulo: Nobel. 260 p.
- DINNES, DJ.; KARLEN, DL.; JAYNES, DB.; KASPAR, TC.; HATFIELD, JL.; COLVIN, TS.; CAMBARDELLA, CA. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils. Agronomy Journal, 94: 153-171.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 412 p.
- FAO. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. 1999. Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organically produced foods. Rome: FAO/WHO. 43 p.
- FERREIRA, ME.; CRUZ, MCP.; FERREIRA JUNIOR, ME. 1990. Avaliação da fertilidade empregando o sistema IAC de análise de solo. Jaboticabal: FCAV / UNESP. 94 p.

GADELHA, RSS. 2001. Urina de vaca na produção de alimentos. Agroecologia, 2: 25-26.

KIEHL, EJ. 1985. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Ceres. 492 p.

MALAVOLTA, E. 1980. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Ceres. 251 p.

RIBEIRO, CSC.; BRUNE, S.; REIFCHNEIDER, FJB. 1998. Cultivo da berinjela. Brasília: Embrapa Hortaliças. 23 p. (Embrapa Hortaliças. Instrução Técnica 15).

SANTOS, GA.; CAMARGO, FAO. (eds). 1999. Fundamentos da materia orgânica do solo. Porto Alegre: Genesis. p. 9-26.

SOUZA, ECA; YASUDA, M. 2003. Manual científico: termofosfato magnésiano. Fertilizantes Mitsui. Poços de Caldas. Disponível em: <<http://www.fertimitsui.com.br/cinza/yoorin>>. Acesso em: 30 jul. 2003.

TOMÉ JR., JB. 1997. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária. 247p. ^

Tabela 1. Equações de regressão relativas ao pH, P, K, Ca, Mg e matéria orgânica, do solo, em função de doses de esterco bovino e de termofosfato magnésiano (Regression equations relative to pH, P, K, Ca, Mg and organic matter, of the soil, as a function of cattle manure and magnesium thermophosphate doses). Areia, UFPB, 2005.

Característica	Equação de regressão
pH (em CaCl ₂)	$\hat{y} = 5,3572 + 0,041155^{**}e + 0,0001804^{**}t - 0,000365013^{**}e^2$ R ² = 0,94; VM = 7,13
Fósforo (mg dm ⁻³)	$\hat{y} = -26,6487 + 3,32641^{**}e + 0,0685788^{**}t - 0,0299866 \Delta e^2 - 0,0000127^{*}t^2$ R ² = 0,91; VM = 158,0
Potássio (mg dm ⁻³)	$y = 88,466 + 5,3049^{**}e$ R ² = 0,99; VM = 388,72
Cálcio (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 25,2732 + 0,53623^{**}e + 0,0061999^{**}t$ R ² = 0,84; VM = 77,54
Magnésio (mmol _c dm ⁻³)	$\hat{y} = 13,385 + 0,17423^{**}e + 0,0028809^{**}t$ R ² = 0,84; VM = 33,44
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	- ns -
	Média Geral = 37,26

Significativo a 1% (**), 5% (*) e 10% (Δ) de probabilidade, respectivamente, e não significativo (ns) pelo teste F; e = esterco bovino e t = termofosfato magnésiano; VM = valor máximo da característica com as doses obtidas por derivação (Significant at 1% (**), 5% (*) e 10% (D) of probability, respectively, and insignificant (ns) by F test; e = cattle manure and t = magnesium thermophosphate; VM = maximum value of the characteristic with doses obtained by derivation).

Tabela 2. Correlações canônicas e pares canônicos entre características agronômicas da berinjela com características químicas do solo (Canonical correlations and canonic pairs among eggplant agronomic characteristics with soil chemical attributes). Areia, UFPB, 2005.

Características	Par canônico	
	Primeiro	Segundo
Grupo 1		
Altura de planta (AP)	-0,8011	0,3503
Diâmetro de caule	0,1418	-0,4055
Número de frutos por planta (NFP)	-0,0646	1,4470
Peso médio de fruto (PMF)	0,7273	-0,4210
Comprimento de fruto (CF)	0,6292	-0,5887
Diâmetro de fruto	0,0785	0,3339
Grupo 2		
pH (em CaCl ₂)	0,1378	1,1221
Matéria orgânica	-0,1578	0,2473
Fósforo	-0,3890	0,3235
Potássio	1,1616	-0,3944
Cálcio	-1,3047	0,8650
Magnésio	1,1003	-1,2700
R	0,92	0,88
Significância	**	**

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste de qui-quadrado (Significant at 1% of probability by qui-quadrado test); R = correlação canônica (R = canonical correlation).

